

**А. М. ОВСЯНКІН****ВИБІР ЕФЕКТИВНИХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВИМОГАМИ В ПРОЕКТАХ**

У статті проаналізовано досвід та підходи щодо управління вимогами в інноваційних проектах. Розглянуто особливості формування й розробки вимог у проектах різних напрямів на основі методології інженерії вимог. Проаналізовано основні типи, групи і види вимог у проектах. Проведений порівняльний аналіз існуючих систем управління вимогами і методів їх моделювання. Розглянуто підходи щодо моделювання системи управління вимогами в проекті на основі використання об'єкт-орієнтованих методів імітаційного моделювання з необхідним рівнем деталізації розробки об'єктів моделі, що визначені як найбільш оптимальні для побудови моделі системи із забезпеченням її інформативності та ефективності. Найбільш ефективним для управління вимогами є підхід, в якому оперують меншою кількістю вимог (груп вимог), головним чином тих, що принесуть найбільшу користь замовникові. З урахуванням цього підходу визначені необхідні й достатні об'єкти моделі, що можуть бути прийняті для більшості проектів. Для представлення взаємозв'язків об'єктів, подій із ними та результатів, як найбільш наочний, прийнятий графічний метод імітаційного моделювання ARIS, що реалізується у вигляді графічних схем (візуальних моделей). Зв'язки об'єктів моделі запропоновано представляти за схемою, що передбачає визначення і формалізацію вимог для прийняття рішень щодо їх узгоджень, змін і реалізації, збереження інформації та поповнення бази знань. Для конкретизації й трансформації об'єктів їх деталізація здійснюється до рівня, необхідного для прийняття рішень у процесі планування та реалізації проекту. Систематизація та оцінка важливості вимог здійснюється шляхом формування формалізованого переліку у вигляді матриці QFD, що далі буде використовуватися для прийняття рішень щодо проекту та його продукту. Під час розробки проектних рішень стандартизовані або системні вимоги і вимоги споживачів доцільно погоджувати і формувати єдиний узагальнений перелік вимог. Запропонований підхід щодо моделювання системи дозволяє: мінімізувати загальну кількість вимог; систематизувати великий обсяг інформації; виявити набори вимог, що відносяться до конкретного проекту; розглядати вимоги у взаємозв'язку як на рівні груп, так і окремих вимог. У міру накопичення інформації щодо управління вимогами подібних проектів розглянутий підхід дозволить оцінювати досягнутий рівень управління вимогами проекту залежно від об'єктів управління, що складають модель.

**Ключові слова:** інженерія вимог, розробка вимог, деталізація вимог, система управління вимогами, імітаційне моделювання, об'єкт-орієнтовані методи, графічний метод моделювання, візуальні моделі.

**А. М. ОВСЯНКІН****ВЫБОР ЭФФЕКТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЯМИ В ПРОЕКТАХ**

В статье проанализирован существующий опыт и подходы к управлению требованиями в инновационных проектах. Рассмотрены особенности формирования и разработки требований в проектах разных направлений на основе методологии инженерии требований. Проанализированы основные типы, группы и виды требований в проектах. Проведен сравнительный анализ существующих систем управления требованиями и методов их моделирования. Рассмотрены подходы к моделированию системы управления требованиями в проекте на основе применения объект-ориентированных методов имитационного моделирования с необходимым уровнем детализации разработки объектов модели, которые приняты как наиболее оптимальные для построения модели системы с обеспечением ее информативности и эффективности. Наиболее эффективным для управления требованиями является подход, при котором оперируют минимальным количеством требований (групп требований), главным образом тех, которые обеспечат наибольшую пользу потребителю. С учетом этого подхода определены необходимые и достаточные объекты модели, которые могут быть приняты для большинства проектов. Для представления взаимосвязей объектов, действий с ними и результатов, как наиболее наглядный, принят графический метод имитационного моделирования ARIS, который может быть реализован в виде графических схем (визуальных моделей). Связи объектов модели предложено представлять схемой, которая предусматривает определение и формализацию требований для принятия решений по их согласованию, изменению и реализации, сохранения информации и пополнения базы знаний. Для конкретизации и трансформации объектов их детализация проводится до уровня, необходимого для принятия решений в процессе планирования и реализации проекта. Систематизация и оценка важности требований осуществляется путем формирования формализованного перечня в виде матрицы QFD, которая дальше будет использоваться для принятия решений по проекту и его продукту. При разработке проектных решений стандартизованные или системные требования и требования потребителей целесообразно согласовывать и формировать единый обобщенный перечень требований. Предложенный подход к моделированию системы позволяет: минимизировать общее количество требований; систематизировать значительный объем информации; выявить наборы требований, относящихся к конкретному проекту; рассматривать требования во взаимосвязи как на уровне групп, так и на уровне отдельных требований. По мере накопления информации по управлению требованиями подобных проектов рассмотренный подход позволит оценивать достигнутый уровень управления требованиями проекта в зависимости от объектов управления, составляющих модель.

**Ключевые слова:** инженерия требований, разработка требований, детализация требований, система управления требованиями, имитационное моделирование, объект-ориентированные методы, графический метод моделирования, визуальные модели.

**А. М. OVSIANKIN****SELECTION OF EFFECTIVE MODELS OF REQUIREMENTS MANAGEMENT IN PROJECTS**

The article is analyzed existing experience and approaches to the management of requirements in innovative projects. The features of the formation and development of requirements in projects of different directions on the basis of the requirements engineering methodology are considered. Analyzed the main types, groups and types of requirements in projects. A comparative analysis of existing requirements management systems and methods for their modeling has been conducted. Approaches to modeling the requirements management system in the project are considered based on the application of object-oriented simulation methods with the required level of detail in the development of model objects that are accepted as the most optimal for building a model of the system while ensuring its informativeness and effectiveness. The most effective for managing requirements is the approach in which they operate with the minimum number of requirements (groups of requirements), mainly those that will provide the greatest

benefit to the consumer. Given this approach, the necessary and sufficient model objects that can be adopted for most projects are defined. To represent the interrelationships of objects, actions with them and results, as the most obvious, a graphic method of ARIS simulation modeling was adopted, which can be implemented as graphical diagrams (visual models). Relationships of the model objects have been proposed to be represented by a scheme that provides for the definition and formalization of requirements for making decisions on their coordination, changes and implementation, preservation of information and replenishment of the knowledge base. To concretize and transform objects, their detailing is carried out to the level necessary for decision-making in the process of planning and implementing a project. The systematization and assessment of the importance of requirements is carried out by forming a formalized list in the form of a QFD matrix, which will then be used to make decisions on the project and its product. When developing design solutions, standardized or system requirements and consumer requirements it is advisable to harmonize and form a single consolidated list of requirements. The proposed approach to system modeling allows: minimizing the total number of requirements; systematize a significant amount of information; identify sets of requirements related to a specific project; consider requirements in relation to both the group level and the level of individual requirements. With the accumulation of information on managing the requirements of such projects, the considered approach will make it possible to assess the achieved level of project requirements management depending on the management objects that make up the model.

**Keywords:** requirements engineering, requirements development, requirements specification, requirements management system, simulation modeling, object-oriented methods, graphical modeling method, visual models.

**Вступ.** Робота з вимогами, забезпечення їх повноти, несуперечності, реалізованості, відслідкованості та інших необхідних характеристик є невід’ємною частиною діяльності фахівців, що займаються розробкою, виробництвом, випробуваннями та модернізацією складних інженерних об’єктів. Це дозволяє істотно знизити ризики перевищення вартості і недотримання графіку виконання проектів, а також підвищити якість результатів праці. Вирішення таких завдань забезпечується розділом системної інженерії, який визначається як інженерія вимог [1].

У центрі уваги інженерії вимог знаходяться як технічні, так і соціотехнічні системи (транспортні, енергетичні, ІТ-системи та інші). Рівень вирішення завдань інженерії вимог забезпечується використанням відповідних інструментів та методів [2]. Наприклад, розглядають два аспекти інженерії вимог: інженерія вимог у галузі проблем і інженерія вимог у галузі рішень. Такий підхід дозволяє виділити етапи розробки, пов’язані з рівнями опису системи – описом потреб, моделюванням їх практичного використання і вимогами зацікавлених сторін, пов’язаних із галуззю проблем, і описом вимог щодо системи в цілому, пов’язаних із галуззю рішень [3]. Актуальним є вибір і використання моделей в інженерії вимог, що дозволяють реалізувати предметний та функціонально-орієнтований підходи у роботі з вимогами. Моделювання допомагає уточнювати й деталізувати реалізацію системи шляхом розбиття її на компоненти у процесі руху від одного рівня вимог до іншого у підвищенні їх деталізації.

На певному рівні моделювання допомагає в аналізі вимог для:

- обговорення системи, що розробляється, із замовником проекту;
- аналізу системи з метою переконатися в наявності бажаних системних властивостей і у відсутності небажаних властивостей;
- розуміння того, як перевірятиметься реалізація даних вимог під час трансформації (актуалізації) цих вимог у нові – на більш низькому рівні.

У більшості випадків, моделі є певним візуальним рядом, в якому для відображення інформації використовуються взаємопов’язані діаграми. Нові методи, – наприклад, такі як, об’єктно-орієнтовані методи моделювання, – розширюють

концепцію моделювання, хоча використовувані в них підходи базуються на відомих принципах системної інженерії [4, 5].

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Процеси, які необхідно реалізувати для розробки вимог щодо систем і продуктів визначає Міжнародний стандарт ISO/IEC 29148 [4]. Стандарт містить настанови щодо застосування процесів, пов’язаних із вимогами та визначає необхідне інформаційне забезпечення для реалізації процесів. Підхід щодо розробки вимог у стандарті ґрунтується на вархуванні таких оточень проекту:

- зовнішній світ (угоди з ним + регулювання);
- бізнес/менеджмент;
- проекти/"операції";
- технічна суть продукту/послуги.

Стандарт визначає у якості характеристик окремих вимог такі показники: необхідність, абстрактність, недвозначність, узгодженість з іншими вимогами, повнота, чіткість, стислість, здійснимість, здійсненість, трасованість, перевіряємість, так і характеристики груп вимог: повнота, узгодженість з іншими групами, здійснимість (в рамках бюджету, термінів), обмеженість.

Стандарт також вводить поняття:

- база даних вимог;
- документи вимог;
- вимоги щодо вмісту цих документів.

Набір вимог потрібно супроводжувати в ході життєвого циклу обов’язково разом із пов’язаними обґрунтуваннями, рішеннями (decisions) та припущеннями (assumptions). Вимоги також прив’язуються до базисів. Інженерія вимог має на увазі широкий спектр різних дій, що відносяться до вимог, таких як: аналіз вимог; управління вимогами (requirements management); розробка вимог (requirements development). Автори праці [1] використовують наступне визначення: інженерія вимог (Requirements engineering) – підрозділ системної інженерії, зайнятий виявленням, розробкою, дослідженням, аналізом, перевіркою відповідності, встановленням взаємозв’язків та управлінням вимогами, що визначають систему на послідовних рівнях абстракції. Виявлення вимог у цьому понятті охоплює також інші, часто використовувані, аналогічні терміни, такі, як: встановлення вимог; вилучення вимог; збір вимог. Дослідження вимог

щодо будь-якого елементу, включаючи вимоги на різних рівнях матеріалізації, надає можливість валідації вимог на відповідність практичним завданням формування логічного обґрунтування проектних рішень і верифікації проектних рішень на відповідність вимогам.

До перевірки відповідності відносяться усі типи діяльності щодо перевірки відповідності проектних та конструкторських рішень, включаючи тестування, випробування компонентів, комплексні випробування, випробування системи в цілому й приймальні випробування. Типовими помилками інженерії вимог [6] визначені такі, як: недостатній аналіз вимог зацікавлених сторін; недостатній аналіз режимів використання системи; неповнота вимог щодо системи; недостатня увага щодо верифікації вимог; відсутність відслідковуваності вимог.

З точки зору можливих помилок важливим є стандартизоване визначення вимог, розглянуте у праці американських авторів [1]. Вимога (Requirement) визначена як таке недвозначне твердження, що піддається перевірці або виміру та визначає показник призначення, функціональну (розрахункову) характеристику, та одночасно є обмежуючою умовою, необхідною для визнання придатності продукції або процесу (споживачами або внутрішньою службою контролю якості).

Синонімами терміну «вимоги» (requirements) визначені наступні поняття: наміри, задуми (aims), прагнення (aspirations), здібності, можливості (capabilities), критерії (criteria), обмеження (constraints), директиви (directives), доктрини (doctrines), обов'язки (duties), очікування, припущення (expectations), особливості (feature), функції (functions), цілі (goals), призначення (mission), потреби (needs), зобов'язання (obligations), цільові установки, завдання (objectives), інструкції (orders), норми, розпорядження (regulations), правила (rules) і т.ін.

У процесі формування вимог ті вимоги, які суперечать одна одній або логіці системи, повинні обговорюватися й узгоджуватися із споживачем. Якщо вимоги з якоїсь причини є нездійсненними, то вони передивляються доти, поки не приймаються замовником та виконавцем. Саме на цій стадії доцільно передбачити усі можливі варіанти вимог, щоб зменшити вірогідність виникнення у процесі виконання проекту додаткових вимог споживача [7].

Важливим (і законним) джерелом вимог є зацікавлені сторони. Поняття “зацікавлена сторона” (Stakeholder) визначається як фізична особа, група осіб, організація або інша структура, що має прямі або опосередковані інтереси (або права) щодо системи (або її властивостей) [1]. Зацікавленість сторін у певній системі може виникати, наприклад, з таких причин: необхідність у використанні системи; отримання вигоди від використання системи (здобуття доходів, прибутків або іншої користі); вірогідність опинитися у невігідному положенні унаслідок використання системи (наприклад, загроза виникнення небажаних витрат або потенційна небезпека нанесення збитку);

відповідальність за роботу системи або, навпаки, залежність від роботи системи.

Інженерія вимог є доповненням до інших інструментів управління, таких, як, кошторис і календарний графік, що дозволяє зосередитися на забезпеченні якості проекту та його продукції з самого початку життєвого циклу розробки проекту. Кожне управлінське рішення ухвалюється з урахуванням вартості, термінів і якості, – трьох взаємопов'язаних компонентів проекту.

У праці [8] концептуально розглянуто використання можливих методів та інструментів управління вимогами, головним чином, на етапах після формування переліку вимог, – їх розробці та формалізації, але не розглянуті методи оцінки повноти та достатності сформованого переліку з урахуванням рівнів розробки згідно положень інженерії вимог. Такі оцінки та умови для розробки вимог може забезпечити моделювання системи, що за допомогою операцій аналізу та вироблення варіантів проектного рішення зв'язує між собою суміжні рівні вимог [1]. Системи управління відносяться до класу великих систем, етапи проектування, впровадження, експлуатації і еволюції яких у даний час неможливі без використання різних видів моделювання [9]. Моделювання допомагає забезпечити систему розробки у мірі, достатній для декомпозиції вимог на певному рівні для переходу на наступний, нижчий рівень. Для здобуття якомога повного уявлення про різноманітні властивості системи можуть бути використані декілька різних, взаємопов'язаних моделей.

В управлінні великими об'ємами складної інформації моделювання дозволяє об'єднувати підмножини даних, піднімаючись на вищі рівні для узагальненої оцінки. Це забезпечує відстеження всієї системи у вивченні того невеликого об'єму інформації, який необхідний у даний момент. Так, аналізу методів системного моделювання, що можуть бути використані для розробки вимог, присвячена значна частина праці Е. Халл [1].

Найбільш універсальними з точки зору формування баз даних і розробки системних вимог, на наш погляд, є діаграми потоків даних, придатні для опису потоків будь-якого типу та об'єктно-орієнтовані методи, що описують поведінку об'єктів та їх взаємодію між собою. Проте, діаграми потоків не завжди забезпечують точність та однозначність зв'язків і не дозволяють коректно відображати обмеження. До об'єктно-орієнтованих методів відносяться такі, як метод ООА(object-oriented analysis), розроблений Кодом (Coad) і Йордоном (Yourdon), та метод Буча (Booch) [5]. Метод ООА розділяє розробку на три шари. У першому шарі здійснюється визначення об'єктів і досягається розуміння проблемної області. Другий шар називається шаром атрибутів. На цьому етапі визначаються атрибути (елементи даних), пов'язані з об'єктами з предметної області. Третій шар – сервісний шар, що визначає сервіси (або операції), що надаються кожним об'єктом. Метод Буча детальніше

розглядає фазу аналізу і частіше використовується у проектуванні об'єктно-орієнтованих систем. Метод передбачає поступове і багатократне уточнення архітектури системи в її логічному та фізичному представленні. Для більш визначеної та точної характеристики конструкції системи слід розвивати її модель, перетворюючи наявні відомості так, щоб сформулювати більш зручну форму моделі, додаючи у неї, за потребою, додаткові знання для розробки спеціалізованих систем [10].

Існуюча практика моделювання виділяє такі моделі системи: “Чорний ящик”, “Модель складу системи”, “Модель структури системи”, “Білий ящик”, або структурна схема системи. Назва моделі “чорний ящик” виразно підкреслює повну відсутність знань про внутрішні складові “ящика”. У цій моделі задаються тільки вихідні та входні зв'язки системи із середовищем. Модель “чорного ящика” буває не тільки дуже корисною, але й іноді є унікальною моделлю для дослідження систем.

Під час вивчення будь-якої системи перш за все виявляється те, що її цілісність та відокремленість існують як зовнішні якості, властивості. Внутрішні властивості “ящика” виявляються неоднорідними, що дозволяє розрізняти деякі складові самої системи. Ті складові системи, що виступають як цілісні, називають елементами. Складові системи, що містять більш ніж один елемент, називають підсистемами. З урахуванням ієрархії складових можливо отримати модель складу системи, яка описує, з яких підсистем та елементів вона складається. Головною проблемою у побудові моделі складу системи є те, що розподіл цілісної системи на складові є відносним, залежним від цілей моделювання. Після розгляду моделі складу системи встановлюються зв'язки між елементами, тобто структура системи.

Моделі “чорного ящика”, складу та структури разом утворюють модель, яка називається структурною схемою системи, або “білий ящик”. У структурній схемі вказують усі елементи системи, усі зв'язки між її елементами всередині системи та зв'язки окремих елементів з навколишнім середовищем (входи та виходи системи). На основі таких схем розроблені системи типу «3SL Cradle», що є достатньо складними та багатовитратними у використанні [10].

У даний час для прогнозування розвитку різних систем широко застосовуються імітаційні моделі, що дозволяють прогнозувати як кількісні, так і якісні чинники, що вигідно відрізняє їх від інших методів [11]. У таких моделях тим або іншим способом розігруються (імітуються) випадкові дії, з якими неминуче пов'язана будь-яка практична діяльність, у тому числі виробнича та економічна. А вплив цих дій на кінцевий результат може бути вже настільки суттєвим, що якісно змінює його. Методи вирішення таких завдань, якщо вони не вкладаються в рамки імовірнісних аналітичних методів, відносяться до методів імітаційного моделювання.

При імітаційному моделюванні структура модельованої системи адекватно відображається у моделі, а процеси її функціонування програються (імітуються) у побудованій моделі. Тому побудова імітаційної моделі полягає в описі структури та процесів функціонування модельованого об'єкту або системи. В описі імітаційної моделі виділяють такі дві складові:

- статичний опис системи, що по суті є описом її структури (проведення структурного аналізу модельованих процесів);

- динамічний опис системи, або опис динаміки взаємодій її елементів (побудова функціональної моделі модельованих динамічних процесів).

Імітаційна модель містить елементи безперервної та дискретної дії, тому може застосовуватися для дослідження динамічних систем, а також стохастичних систем на основі впливу багаточисельних випадкових чинників складної природи. Імітаційна модель дозволяє також прогнозувати характеристики проектованої системи та досліджувати процеси розвитку (коли реальної системи ще не існує). Така модель може створюватися поетапно, еволюційно.

Засоби імітаційного моделювання розроблені для підтримки якогось певного підходу. Мовами імітаційного моделювання для систем із складною структурою, яку можна подати у вигляді схеми, можуть бути, наприклад, мови GPSS, BOSS. До найбільш поширених систем імітаційного моделювання, що мають розвинені графічні засоби, відноситься методика моделювання ARIS [12]. Методика моделювання ARIS ґрунтується на теорії побудови інтегрованих інформаційних систем і визначає принципи візуального відображення всіх аспектів функціонування аналізованих об'єктів. ARIS підтримує чотири типи моделей, що відображають різні аспекти досліджуваної системи: організаційні, функціональні, інформаційні, а також моделі управління [13]. Для їхньої побудови можуть використовуватися як власні методи моделювання ARIS, так і різні відомі методи і мови моделювання [14]. Використання моделі обумовлює процес поповнення моделі конкретною інформацією, тобто перетворення загальної моделі на конкретну. Цей процес виділяють в окрему галузь знань, яку називають організацією банків (баз) даних (знань).

Як правило, даними називають числовий або словесний матеріал, який окремо не несе смислового навантаження. Знаннями називають смисловий матеріал типу програмних засобів, методик, опису математичних моделей. Базою називають безпосереднє збереження даних або знань, а банком – збереження разом із вказівками засобів та форм виклику інформації, а також сукупність операцій щодо первинної обробки інформації.

**Мета статті.** Основною метою роботи є визначення структури системи управління вимогами у проекті. Це пов'язано із розробкою моделі системи з визначенням її елементів та процесів функціонування

на всіх етапах життєвого циклу проекту. Для досягнення окресленої мети необхідно зробити порівняльний аналіз методів моделювання й обрати найбільш оптимальні для побудови моделі системи із забезпеченням її інформативності та ефективності, а також можливостей для подальшого розвитку.

**Виклад основного матеріалу.** Для вирішення завдань структуризації, виключення дублювання та пропуску вимог, взаємозв'язку (трасування) між вимогами різних ієрархічних рівнів, забезпечення покриття (coverage) – мірі повноти вимог доцільно використовувати методологію імітаційного моделювання з розробкою підходів і шляхів до визначення змісту і розгортання моделі. Умовам забезпечення повноти вимог, їх трансформації з врахуванням взаємозв'язків на рівні системного управління найбільш відповідають об'єкт-орієнтовані методи імітаційного моделювання, зокрема метод ООА (object-oriented analysis), який був обраний для досліджень [1].

Вихідною позицією дослідження є те, що такі моделі можуть слугувати менеджерам допоміжним засобом, але не класифікуватися як абсолютне знання. Також вони сприятимуть кращому розумінню реальних проблем.

Базою для розробки моделі був прийнятий підхід, у якому очікуване значення вірогідності досягнення результату  $E(x)$  є середньозважене всіх можливих значень [15]:

$$E(x) = p_1 \cdot X_1 + p_2 \cdot X_2 + \dots + p_n \cdot X_n$$

де  $p_1, p_2$  – вірогідність досягнення відповідного результату;

$X_1, X_2$  – значення можливих результатів.

Результат управління вимогами може бути представлений функцією від обраних компонентів (об'єктів) управління та рівня їх подальшої деталізації:

$$B = F(B_1, B_2, \dots, B_n)$$

У більшості випадків найкоротшим шляхом поліпшення процесу управління вимогами є підхід, в якому оперують меншою кількістю вимог (груп вимог), головним чином тих, що принесуть найбільшу користь замовникові [16].

Необхідними та достатніми об'єктами з урахуванням цього підходу для більшості проектів можуть бути:

- бізнес вимоги (вимоги верхнього рівня)  $B_1$  – формулюються керівництвом компанії-замовника на стадії розробки проектного рішення для обраної системи;

- вимоги споживачів  $B_2$  – відображають їх побажання щодо функцій та характеристик продукту і створюваної системи;

- вимоги існуючих стандартів і регламентів (міжнародних, федеральних та інших)  $B_3$ , які можливо залучити для проекту залежно від його основних завдань;

- вимоги зацікавлених сторін  $B_4$  – пов'язані із користю від використання системи, що розробляється, із виникненням небажаних витрат або потенційних небезпек;

- система управління змінами вимог  $B_5$  – необхідна для підтримки працездатності повторюваного процесу формування змін, а також для їх обліку та контролю;

- система індикації даних та інформації щодо роботи з вимогами  $B_6$  – для відстеження результатів щодо управління вимогами та ухвалення рішень;

- внутрішня база знань щодо роботи із вимогами  $B_7$  – формується і містить інформацію та коментарі щодо результатів та методів управління вимогами від попередніх проектів.

Для представлення взаємозв'язків об'єктів, подій із ними та результатів, як найбільш наочний, прийнятий графічний метод імітаційного моделювання ARIS, що реалізується у вигляді графічних схем (візуальних моделей). ARIS не накладає обмежень на послідовність побудови моделей. Моделі в ARIS являють собою діаграми, елементами яких є різноманітні об'єкти – "функції", "події", "документи" тощо. Між об'єктами встановлюються різні за типами зв'язки.

Для прийнятих об'єктів моделі  $B_1 - B_7$  загальні зв'язки можуть бути представлені за схемою, що передбачає визначення та формалізацію вимог для прийняття рішень щодо їх узгоджень, змін та реалізації, збереження інформації та поповнення бази знань (рис. 1).

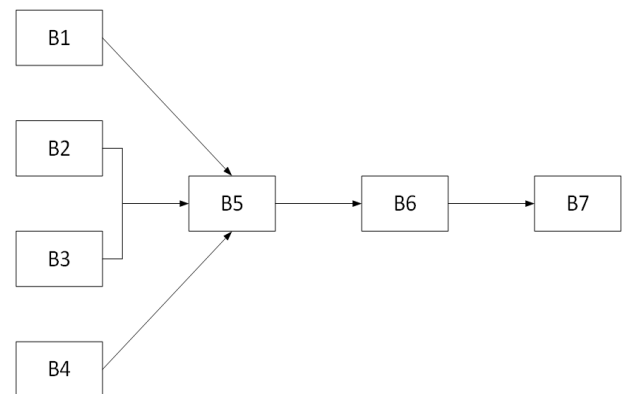


Рис. 1. Узагальнена схема зв'язків об'єктів моделі

Для конкретизації й трансформації об'єктів здійснюємо їх деталізацію до рівня, що необхідний для прийняття рішень у процесі планування та реалізації проекту. Так, для об'єкту  $B_2$  (вимоги споживачів) його деталізація з графічним представленням і послідовністю дій за методологією ARIS являє собою певну послідовність (рис. 2).



Рис. 2. Деталізація і послідовність дій при формуванні і актуалізації вимог споживачів

Спочатку здійснюють збір вимог споживачів шляхом опитувань, анкетування та іншими методами, і формують їх перелік. Вимоги, що формуються користувачами, часто бувають недостатньо структурованими, дублюючими, суперечливими. Тому завдання полягає у тому, щоб перетворити їх у вимоги щодо системи, на основі яких складатимуться технічні завдання для розробників.

У процесі перетворення здійснюється коригування, систематизація і оцінка важливості вимог з формуванням формалізованого переліку, який далі буде використовуватися для прийняття рішень щодо проекту та його продукту. Такий перелік може бути представлений у вигляді матриці відповідно до методології QFD [8] і, наприклад, для IT-проекту визначений вимогами з урахуванням рейтингу їх важливості (табл.1). На основі формалізованого і систематизованого переліку розробляється перелік проектних рішень (інженерних характеристик продукту проекту), що є базовим документом для розробки ТЗ проекту.

Деталізація вимог стандартів  $B_3$  та необхідні дії представляються також відповідною послідовністю (рис. 3), яка включає аналіз та відбір необхідних стандартів, формування переліку стандартизованих вимог щодо розроблюваної системи та актуалізацію вимог у вигляді рішень для розробки ТЗ проекту.

Таблиця 1 – Формалізований перелік вимог споживачів

№ п/п	Вимоги споживачів	Важливість вимог (ранг)
1	Якість розробленого ПЗ	9
2	Відсутність явних чи прихованих дефектів	7
3	Гарантії якості ПЗ	8
4	Забезпечення доступу споживачів	5
5	Забезпечення технічної підтримки	6
6	Наявність формалізованого документообігу	4
7	Копіювання, архівування і збереження даних	3



Рис. 3. Деталізація і послідовність дій при формуванні переліку стандартизованих вимог

Так, наприклад, для розробки програмного забезпечення базовими обрані стандарти CMM (Capability Maturity Model), ISO 12207, 15504, ITIL

(IT Infrastructure Library), MSF (Microsoft Solutions Framework), RUP (IBM Rational Unified Process).

Сформований на основі цих стандартів перелік вимог також представляється у вигляді матриці з визначенням рангу важливості (табл. 2).

Таблиця 2 – Формалізований перелік стандартизованих вимог

№ п/п	Вимоги стандартів	Важливість вимог (ранг)
1	Забезпечення якості процесу розробки ПЗ	9
2	Використання процесів забезпечення якості	2
3	Попередження дефектів	3
4	Виявлення дефектів на ранніх стадіях (Peer Reviews)	8
5	Оцінка (гарантування) якості товарів і процесів (Process and Product Quality Assurance).	4
6	Організація системи безпеки	7
7	Рівень надійності, доступності, простоти у технічній підтримці керуваності.	6
8	Побудова документообігу – включаючи оформлення вихідних текстів програми на різних мовах програмування	5

Для виключення дублювання в розробці проектних рішень стандартизовані вимоги і вимоги споживачів доцільно погоджувати і формувати єдиний узагальнений перелік вимог, що представляється аналогічною матрицею, яка міститиме як формалізовані вимоги стандартів і сформульовані вимоги споживачів, так і сформовані комплексні вимоги (табл. 3).

Таблиця 3 – Узагальнений перелік вимог для проекту

№ п/п	Узагальнені вимоги	Важливість вимог (ранг)
1	Якість розробки ПЗ відповідно до CMM	9
2	Опис процесів забезпечення якості відповідно до ISO 12207	8
3	Попередження дефектів відповідно до CMM	3
4	Виявлення дефектів на ранніх стадіях відповідно до CMM	7
5	Оцінка і гарантування якості ПЗ відповідно до CMMI	4
6	Забезпечення доступу користувачів і безпеки відповідно до ITIL (IT Infrastructure Library)	6
7	Надійність і технічна підтримка відповідно до MSF (Microsoft Solutions Framework)	5
8	Забезпечення документообігу відповідно до RUP (IBM Rational Unified Process)	2
9	Копіювання, архівування і збереження даних	1

Аналогічним чином може бути проведена деталізація та здійснені дії з групами вимог B1 –

бізнес-вимоги і B4 – вимоги зацікавлених сторін. Як об'єкти моделі, можуть бути представлені й інші групи вимог відповідно до існуючої їх класифікації, з урахуванням особливостей проекту та його можливих потреб.

**Висновки.** Проведений аналіз основних положень і досягнень інженерії вимог, як підрозділу системної інженерії, дозволяє констатувати, що ефективність системи управління вимогами може забезпечити моделювання її з використанням методів системного моделювання. Визначено, що об'єкт-орієнтовані методи імітаційного моделювання системи управління вимогами у проектах дозволять реалізувати предметний та функціонально-орієнтований підходи й описати структуру системи із взаємодією між її елементами, упорядкувати дії з вимогами (починаючи з визначення їх видів та груп) у необхідній мірі деталізації щодо їхньої реалізації у вигляді проектних рішень. Запропонований підхід щодо моделювання системи дозволяє: мінімізувати загальну кількість вимог та систематизувати великий обсяг інформації; виявляти набори вимог, що відносяться до конкретного проекту; розглядати вимоги як на рівні груп, так і окремих вимог; виявляти недоліки і дублювання; виключити протиріччя між вимогами; управляти етапами реалізації вимог; відхилити малоінформативні вимоги; оцінювати вимоги з точки зору їх реалізації; прослідкувати вимоги від їх формування до зміни та реалізації; повторно використовувати вимоги у подальших проектах.

Для визначених елементів (об'єктів) системи управління вимогами проекту та послідовності їх розробки запропоновано систему зв'язків. Для розробки вимог представлений спосіб деталізації та формалізації елементів системи з отриманням результатів у вигляді документів для прийняття проектних рішень. Використання графічного методу імітаційного моделювання ARIS у вигляді графічних схем (візуальних моделей) забезпечує підвищення функціональності, інформативності, наочності, можливостей постійного відслідковування та аналізу діючої системи управління вимогами. У міру накопичення інформації щодо управління вимогами подібних проектів розглянутий підхід дозволить оцінювати досягнутий рівень управління вимогами проекту залежно від об'єктів управління, що складають модель.

Перспективою подальших досліджень моделювання систем управління вимогами у проектах є вирішення задач вибору і конкретизації програмного забезпечення запропонованої системи управління вимогами за методологією ARIS для типових проектів.

#### Список літератури

- Халл Э., Джексон К., Дик Д. *Разработка и управление требованиями*. М.: Telelogic-press, 2005. 240 с.
- Андон Ф.И., Коваль Г.И., Коротун Т.М., Лавришева Е.М., Сулов В.Ю. *Основы инженерии качества программных систем*. 2-е изд., перераб. и доп. К.: Академперіодика, 2007. 672 с.

3. Тавасоли Д. *Управление требованиями. Десять шагов на пути к совершенству*. SWD software. URL: [http://www.swd.ru/files/pdf/IBM\\_uspeh\\_edit1.pdf](http://www.swd.ru/files/pdf/IBM_uspeh_edit1.pdf). (дата звернення: 3 січня 2019).
4. ISO/IEC/IEEE 29148:2011 *Systems and software engineering – Life cycle processes*. Requirements engineering. 83 p.
5. Буч Г. *Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения* / пер. с англ. М.: Конкорд, 1992. 406 с.
6. Батоврин В. К. Стандарты системной инженерии. Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад». СПб., 2012. Вып. 4. 64 с.
7. Ильин В.В. *Руководство качеством проектов*. М: Вершина, 2006. 176 с.
8. Шпилювий В.Д., Михальченко О.А., Овсянкін А.М., Казаринов Ю.І. Розроблення рекомендацій до прийняття проектних рішень на основі методології структурування функцій якості. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. Х. : НТУ «ХПІ», 2014. № 2 (1045). С. 127–135.
9. Советов Б. Я., Яковлев С. А. *Моделирование систем: Учеб. для вузов*. М.: Высш. шк., 2001. 343 с.
10. Вахитов А.А., Бушина К.С., Золотухина Е.Б. Достоинства и недостатки систем по управлению требованиями. *Фундаментальные исследования*. 2016. №6-1. С. 42-46.
11. Габрин К. Э., Козлова Е. А. *Основы имитационного моделирования в экономике и управлении*. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. 108 с.
12. *ARIS Methods, Version 5. June 2000*. Copyright (©) 1997. 2000 by IDS Scheer AG, Saarbrücken.
13. Каменнова М., Громов А., Ферапонтов М., Шматалюк А. *Моделирование бизнеса. Методология ARIS*. М.: Весть-Мета Технология, 2002. 333 с.
14. Шамрін Р.В. Імітаційне моделювання економічних систем: програмні засоби та напрями їх вдосконалення. *Економіка та держава*. 2016. №1. С. 35-39.
15. Новиков М.В., Бронникова Т.С. *Разработка бизнес-плана проекта: Учебное пособие*. Таганрог: ТРТУ, 2001. 46 с.
16. Кравченко Т.К. Управление требованиями при реализации ИТ-проектов. *Бизнес-информатика*. 2013. №3(25). С. 63-71.
17. [http://www.swd.ru/files/pdf/IBM\\_uspeh\\_edit1.pdf](http://www.swd.ru/files/pdf/IBM_uspeh_edit1.pdf) (accessed 03.01.2019)
18. ISO / IEC / IEEE 29148: 2011 *Systems and software engineering - Life cycle processes*. Requirements engineering. 83 p.
19. Buch G. *Ob"yektno-oriyentirovannoye proyektirovaniye s primerami primeneniya* [Object-Oriented Design with Application Examples]. Per. from English. M., Concord, 1992. 406 p.
20. Batovrin V.K. Standarty sistemnoy inzhenerii [Standards of System Engineering]. Fond «Centr strategicheskikh razrabotok «Severo-Zapad» [Center for Strategic Research North-West Foundation]. SPb., 2012, vol. 4. 64 p.
21. Ilyin V.V. *Rukovodstvo kachestvom proyektov* [Project quality management]. M., Vershina, 2006. 176 p.
22. Shpilovy V.D., Mikhhalchenko O.A., Ovsyankin A.M., Kazarinov Yu.I. Rozroblennja rekomendacij do pryjnattja proektnykh rishenj na osnovi metodologhii strukturuвання funkcyj jakosti . [Splitting recommendations to accepting project resolutions on the basis of a methodological framework structure functions] // *Visnyk nacionalnogho tekhnichnogho universytetu «KhPI»*. Zbirnyk naukovykh pracj. Serija: Strategichne upravlinnja, upravlinnja portfelyamy, prohramamy ta proektamy [Bulletin of NTU "KhPI". Series: Strategic management, portfolio, program and project management]. Kharkov : NTU "KhPI". 2014, no. 2 (1045), pp. 127-135.
23. Boards B. Ya., Yakovlev S. A. *Modelirovaniye sistem* [System modeling]: Proc. for universities. Moscow, Higher. school, 2001. 343 p.
24. Vakhitov A.A., Bushina K.S., Zolotukhina Ye.B. Dostoinstva i nedostatki sistem po upravleniyu trebovaniyam [Pros and Cons of Requirements Management Systems]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research]. 2016. №6-1, pp. 42-46.
25. Gabrin K. E., Kozlov E. A. *Osnovy imitatsionnogo modelirovaniya v ekonomike i upravlenii* [Basics of simulationOsnovy imitation modeling in economics and management]. Chelyabinsk, Publishing house of SUSU. 2004. 108 p.
26. *ARIS Methods, Version 5. June 2000*. Copyright (1997) 2000 by IDS Scheer AG, Saarbrücken.
27. Kamennova M., Gromov A., Ferapontov M., Shmatyuk A. *Modelirovaniye biznesa. Metodologiya ARIS*. [Business modeling. ARIS methodology]. M., News-Meta Technology, 2002. 333 p.
28. Shamrin R. V. Imitacijne modeljuvannja ekonomichnykh system: prohramni zasoby ta naprijamy jikh vdoskonalennja [Simulation modeling of economic systems: software and directions for their improvement]. *Ekonomika ta derzhava* [Economy and power]. 2016, no. 1, pp. 35–39.
29. Novikov, M.V., Bronnikova, T.S. *Razrabotka biznes-plana proyekta* [Development of a business plan for the project]: Tutorial. Taganrog, TSURE, 2001. 46 p.
30. Kravchenko T.K. Upravleniye trebovaniyami pri realizatsii IT-proyektov [Management of requirements in the implementation of IT projects]. *Biznes-informatika* [Business Informatics]. 2013, no. 3 (25), pp. 63–1.

## References (transliterated)

1. Hull E, Jackson K., Dick D. *Razrabotka i upravleniye trebovaniyami* [Development and management of requirements]. М ., Telelogicpress, 2005. 240 p.
2. Andon F.I., Koval G.I., Korotun TM, Lavrisheva EM, Suslov V.Yu. *Osnovy inzhenerii kachestva programnykh sistem* [Fundamentals of software quality engineering]. 2nd ed., Pererab. and add. K ., Academperiodika, 2007. 672 p.
3. Tavasoli D. *Upravleniye trebovaniyami. Desyat' shagov na puti k sovershenstvu* [Requirements Management. Ten steps to perfection]. SWD software. Available at:

Надійшла (received) 28.12.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Овсянкін Анатолій Михайлович (Ovsiankin Anatolii)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний авіаційний університет, доцент кафедри технологій управління; м. Київ, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5488-8947>; e-mail: oam@nau.edu.ua.